Tijdschrift van het
Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

DEEL 31 Nr. 10 1966

Micro-elektronica

Een schets van de huidige ontwikkelingen in de micro-elektronica

door L. P. J. Veelenturf *)

Summary

In this report a survey is given of the present lines of development in the field of micro-electronics. Much attention is paid to the relations in this field and to possible future developments. Completeness is not claimed. Several data were taken from the Symposium „Applications of micro-electronics" of the University of Southampton, September 21-23, 1965.

Inhoud**)

I Micro-elektronica

II Mogelijkheden en beperkingen van de verschllende typen micro-elektronische schakelingen

II-1 De dunnefilm geïntegreerde schakeling
II-2 De monolitische geïntegreerde schakeling
II-3 De hybride geïntegreerde schakeling

III Toepassingen

III-1 Dunnefilm schakelingen
III-2 Dunnefilm hybride schakelingen
III-3 Monolitische schakelingen
III-4 Monolitische hybride schakelingen
III-5 Samengestelde schakelingen

---

*) Technische Hogeschool Twente.

**) Dit artikel verschijnt in drie gedeelten.

IV Het belang van de micro-elektronica

IV-1 De hogere betrouwbaarheid
IV-2 De lagere kostprijs
IV-3 De kleinere afmetingen
IV-4 Het kleiner gewicht
IV-5 De kleinere vertragingstijden
IV-6 Het eenvoudiger onderhoud
IV-7 Het lage energieverbruik
IV-8 De mogelijkheid van standaardisatie van elektronische schakelingen

V Micro-elektronica en systeemtechniek

VI Literatuur ***)

I. Micro-elektronica

In de ontwikkeling van de elektronica kan men twee karakteristieke, convergerende lijnen aanwijzen. In de eerste plaats zien we een voortschrijdende miniaturisering van de componenten van elektronische schakelingen. Daarnaast kan men opmerken een toenemende integratie, gekarakteriseerd door de onscheidbare samenhang en interactie tussen een groot aantal componenten.

Het convergentiepunt van deze ontwikkelingslijnen in de elektronica vormt de huidige micro-elektronica. Men zou derhalve de micro-elektronica kunnen definiëren als de elektronica van de ge-micro-miniaturiseerde en geïntegreerde schakelingen.

De bouwsteen in elektronische apparatuur is geëvolueerd van een component met een beperkte en gedetermineerde functie tot een complete schakeling, die beantwoordt aan een gewenste functie (functie-element). In fig. 1 zijn zeer schematisch deze ontwikkelingstendenzen aangegeven.

II. Mogelijkheden en beperkingen van de verschillende typen micro-elektronische schakelingen

In dit hoofdstuk zullen summier de belangrijkste micro-elektronische schakelingen worden besproken en wel met betrekking tot hun vervaardigingstechniek, hun eigenschappen en hun toepassingen.

De belangrijkste typen schakelingen zijn op het moment:

***) De literatuurlijst is geplaatst achter het eerste gedeelte, pag. 205.

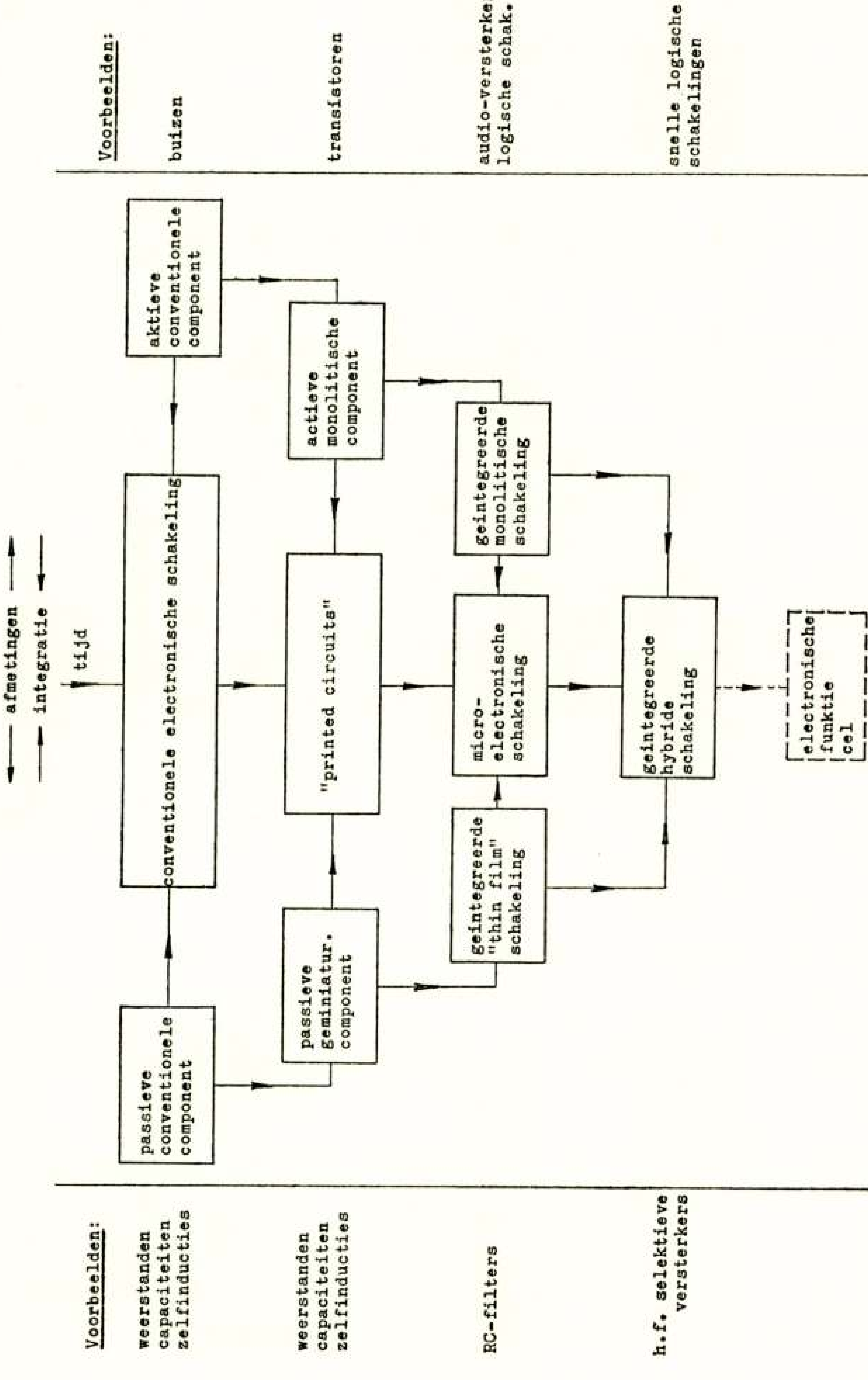


Fig. 1
Ontwikkelingstendenzen in de elektronica

	Weerstanden				Condensatoren				Zelfinducties			Transistoren	Dioden	Betrouwbaarheid	Fabricagekosten	
	waarde Ω	tolerantie %	temp. coëf. ppm	max. oper. freq. Hz	waarde pF	tolerantie %	temp. coëf. ppm	afhankelijk van spanning	waarde µH.	tolerantie %	Q				klein aantal schakelingen	groot aantal schakelingen
Dunne-film schakelingen	25 tot 100 k.	± 5	100	2 G	20 tot 35 k.	10	200	nee	< 2,5	5	60	geen	geen	hoog	laag	hoog
Dunne-film hybride schakelingen	25 tot 100k	± 5	100	2 G	20 tot 35 k.	10	200	nee	< 2,5	5	60	ja	ja	laag	laag	hoog
Monolitische schakelingen	100 tot 40 k.	± 10	1000	100 M	10 tot 500	20	2000	ja	geen	-	-	ja	ja	hoog	hoog	laag
Monolitische hybride schakelingen	25 tot 100k	± 10	100	1 G	-	10	200	nee	< 2,5	5	60	ja	ja	laag	hoog	-

Fig. 2

Eigenschappen van de verschillende typen schakelingen

1. dunnefilm geïntegreerde schakelingen,
2. monolitische geïntegreerde schakelingen,
3. dunnefilm hybride geïntegreerde schakelingen,
4. monolitische hybride geïntegreerde schakelingen.

De z.g. „modules" worden hier niet behandeld, aangezien deze eerder vallen onder de geminiaturiseerde schakelingen met conventionele componenten dan onder de eerder gedefiniëerde micro-elektronische schakelingen.

Om in eerste instantie een globale indruk te krijgen van de mogelijkheden en beperkingen van de verschillende typen micro-elektronische schakelingen, is in fig. 2 een indeling gegeven van de eigenschappen van de verschillende typen schakelingen ([1]) paper 2). In de volgende paragrafen zullen de onderdelen uit deze tabel uitgebreider worden belicht.

II-1 *De dunnefilm geïntegreerde schakeling*

Bij de „thin-film"-techniek worden op een substraat, bv. een glasplaatje met een oppervlakte van enkele vierkante centimeters en een dikte van ongeveer een millimeter, verschillende specifieke materialen in dunne laagjes aangebracht van 0,1 à 2 micron dikte, waardoor vele en verschillende passieve componenten kunnen worden gerealiseerd. Een voorbeeld is gegeven in fig. 3 ([1]) paper 7).

a. Het substraat

Tegenover de wens van minimale afmetingen van het substraat staat de eis van een zo groot mogelijk aantal componenten op dit oppervlak. De afmetingen van het oppervlak van het substraat liggen thans in de orde van 1 à 10 cm^2. Men tracht de afmetingen te reduceren door de componenten te vervaardigen

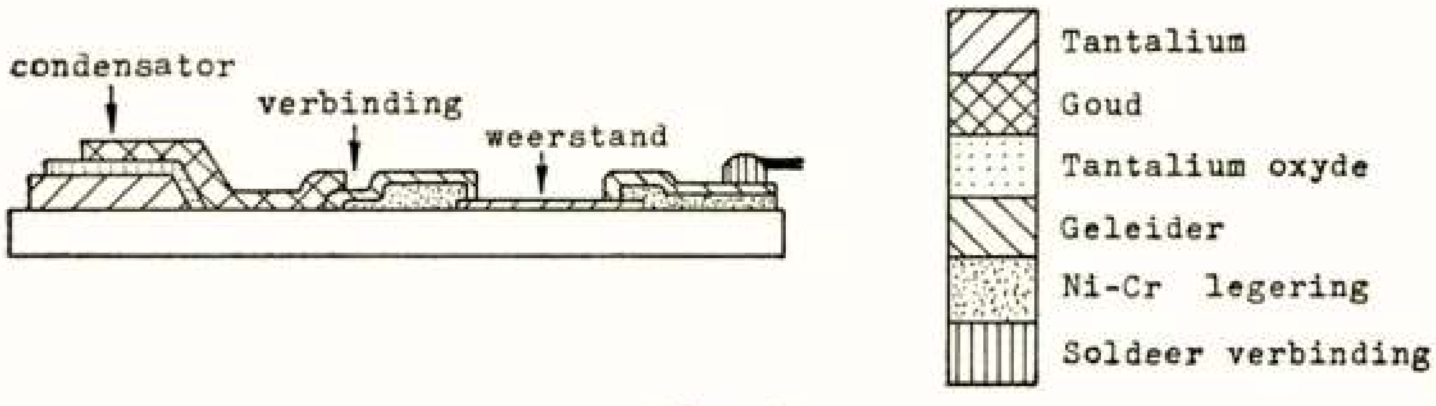


Fig. 3
Voorbeeld van dunnefilmtechniek

van andere materialen (b.v. het diëlectrium Ta_2O_5 voor capaciteiten). In verband met de warmte-afvoer zal men tevens trachten de dikte van het substraat minimaal te houden. Eisen die aan het substraat worden gesteld, zijn:

1. hoog warmtegeleidingsvermogen,
2. hoge mechanische sterkte,
3. lage oppervlakteruwheid [20]),
4. hoge elektrische weerstand,
5. hoge temperatuurbestendigheid,
6. lage uitzettingscoëfficiënt.

De huidige dunnefilm schakelingen zijn meestal aangebracht op een boriumsilicaatglas of een keramisch substraat. Er is thans een verschuiving merkbaar naar de gesinterde materialen, zoals Al_2O_3 en Be O, met een hoog warmtegeleidingsvermogen (glas: $\varkappa = 0{,}011$ W/cm °C; Al_2O_3: $\varkappa = 0{,}208$ W/cm °C).

b. De dunnefilm-neerslagtechniek

De methode waarmee men de dunne laagjes vervaardigt, wordt in belangrijke mate bepaald door de aard van het materiaal dat men op het substraat wil neerslaan. Een vaak gebruikte methode is de conventionele vacuümopdamptechniek, waarbij men met behulp van maskers het gewenste patroon realiseert (fig. 4).

Andere technieken die steeds meer worden toegepast, zijn o.a. de „reactive sputtering", de „cathode sputtering" en de „electron beam processes". Een nieuwe techniek, ontwikkeld door „Consolidated Vacuum Corporation", de zg. „low energy sputtering", haalt een hoge graad van reproduceerbaarheid van de laagdikte: $\pm 5\,\%$, terwijl de neerslagsnelheid constant is (voor Ni 800 Å/min), waarmede tevens een mogelijkheid is verkregen

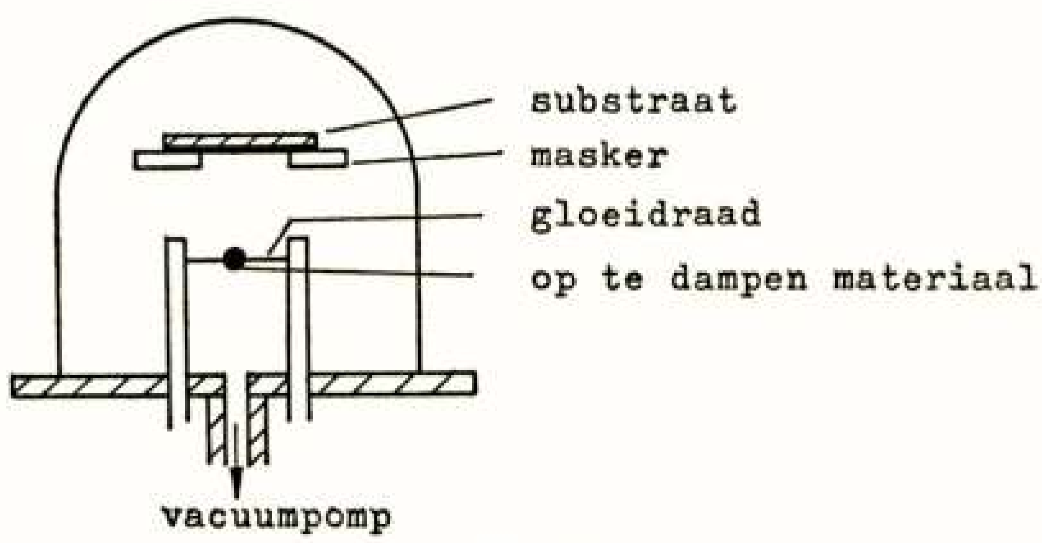


Fig. 4
Vacuümopdamptechniek

om de laagdikte eenvoudig vast te stellen[2]). Een andere geavanceerde methode voor het bepalen van de neergeslagen laagdikte is het meten van de frequentieverandering van een piëzo-elektrische indicator, welke afhankelijk is van de daarop neergeslagen laagdikte. Deze methode biedt tevens de mogelijkheid van „closed loop control" [3]).

c. De passieve dunnefilm componenten

Weerstanden

Het meest frequent worden tot nu toe de Ni-Cr-legeringen gebruikt voor de vervaardiging van weerstanden. Met behulp van de hoogvacuüm-opdamptechniek realiseert men laagdikten van 50 Å tot 500 Å met resp. specifieke laagweerstanden van 300 $\Omega\square$ *) en 40 $\Omega\square$. Bij een spoorbreedte van 0,1 mm en een lengte van 1 cm is de weerstand dus 30.000 Ω resp. 4.000 Ω. In verband met de eisen van reproduceerbaarheid en voldoende warmtegeleidingsvermogen mogen de weerstandssporen niet te smal worden. Tengevolge van de ruwheid van het substraat en de mechanische sterkte van de weerstandsbanen is er tevens een ondergrens voor de laagdikte.

Tantaliumweerstanden zijn in opkomst, mede als gevolg van het feit, dat het „trimmen" van de weerstanden eenvoudiger is geworden, daar men Ta door middel van anodisatie gecontroleerd om kan zetten in Ta_2O_5. De bovengenoemde Ni-Cr-weerstanden moet men daarentegen mechanisch trimmen (zandstralen

Materiaal	Neerslag techniek	Weerstands gebied Ω	Weerstands tolerantie %	Temp. coëff. ppm	Maximale dissipatie W/cm^2
Ni-Cr	opdampen	1 k 100 k	± 10	50	10
Ta	"cathode sputtering"	100 500 k	± 5	70 tot - 400	1

of onderbreken van smalle parallelsporen). Eigenschappen van beide typen weerstanden zijn gegeven in bijgaande tabel.

Het gebruik van halfgeleidermaterialen (SnO_2) met een specifieke laagweerstand van 300 $\Omega\square$ tot 5.000 $\Omega\square$[4]) en de zg. „silk-screened-resistive-inks" [5]) is thans nog in het researchstadium.

*) 300 $\Omega\square$ betekent: de weerstand van een vierkantje, 1 cm lang en breed, is 300 Ω.

Condensatoren

Het realiseren van acceptabele condensatoren in dunnefilmschakelingen wordt in belangrijke mate beperkt door het gebruikte diëlectricum. Tegenstrijdige eisen leiden hier tot een compromis.

De verlangde kleine oppervlakte eist dunne diëlectrische lagen, terwijl anderzijds defecten in het diëlectricum en de wens van kleine lekstromen het praktisch onmogelijk maken lagen dunner dan 500 Å te gebruiken. Om te komen tot grote capiciteitswaarden denkt men wel aan het gebruik van een multi-laag structuur; de hoge fabricagekosten zijn echter een bezwaar. Anderzijds streeft men naar het toepassen van diëlectrica met hoge diëlectrische constante. De thans in de handel verkrijgbare dunnefilmschakelingen maken in hoofdzaak gebruik van SiO als diëlectricum. Andere diëlectrica, die zich echter nog in de laboratoriumfase bevinden, zijn gegeven in fig. 5. Tevens zijn daarin aangegeven de gebruikte neerslagtechnieken en enige relevante eigenschappen. Het diëlectricum bepaalt tot zekere hoogte ook het materiaal van de metalen tegenelectroden. Veelal wordt gebruik gemaakt van Al, Au of Ta.

Zelfinducties

Met behulp van de dunnefilmtechniek is het mogelijk, kleine zelfinducties te vervaardigen. Een in spiraalvorm opgedampte goudbaan met een dikte van 20 tot 30 micron levert een zelfinductie op tot enkele μH per cm^2 oppervlak met een Q van 80 tot 100 bij 50 MHz. Uiteraard hebben deze kleine zelfinducties alleen nut voor het hoogfrequent gebied. Door "E.M.I. Electronics" is een dunnefilm-versterker vervaardigd, uitgerust met dit type zelfinducties, die dienen om een selectieve koppeling tot stand te brengen tussen de opeenvolgende versterkertrappen. Door variatie van de afstand tussen de evenwijdig opgestelde versterkertrap-substraten regelde men de koppeling ([1]) paper 4). In ontwikkeling zijn thans dunnefilm spiraalzelfinducties op een ondergrond van nikkel-cobalt-ferriet met zelfinductie tot 40 μH [4]).

d. De actieve dunnefilmcomponenten

Hoewel men lange tijd heeft verondersteld dat actieve componenten in de dunnefilmtechniek niet te realiseren zouden zijn, vindt thans in de laboratoria op dit gebied uitgebreid onderzoek

DIELECTRICUM	NEERSLAGTECHNIEK	DIEL. CONSTANTE	VERLIESFACTOR	DOORSLAGVELDSTERKTE	CAPACITEIT	CAPACITEITSGEBIED	TOLERANTIE
		ε_r	tg δ	V/cm	pF/mm^2	pF	%
SiO	VACUÜM OPDAMPTECHN.	6	5.10^{-2}	2.10^6	50	20-5.000	15
Ta_2O_5	"CATHODE SPUTTERING" EN ANODISATIE	22	5.10^{-3}	8.10^5	3.000	1.000-250K	1
Al_2O_3	VACUÜM OPDAMPTECHN. EN ANODISATIE	8,6	-	-	3.000	-	-
SiO_2	"REACTIVE SPUTTERING"	4	8.10^{-4}	3.10^6	500	-	-
TiO_2	"CATHODE SPUTTERING" EN ANODISATIE	100	-	-	-	-	-

Fig. 5

Diëlectrica voor dunnefilmcondensatoren

plaats, hetgeen geleid heeft tot de gegronde verwachting, dat ook dit type component binnen enkele jaren op verantwoorde wijze in produktie kan worden genomen. De belangrijkste component is de "Thin Film Triode", welke berust op het "Insulated-Gate Field Effect", welk verschijnsel reeds in 1948 door Shockley is beschreven. Een transversaal elektrisch veld moduleert de geleiding van een halfgeleider-"channel", geplaatst tussen "source" en "drain" (fig. 6).

In ontwikkeling zijn thans eveneens de dunnefilmdiode en -varistor. Technologische problemen zoals het opdampen van acceptabele halfgeleiderlagen (cadmiumsulfide en cadmiumselenide) vormen thans nog een barrière voor commerciële toepassingen. Gerealiseerd zijn eveneens de "magnetic thin film storage" elementen, die geleid hebben tot de ontwikkeling van een geheugen op een glassubstraat ter grootte van $3 \times 4\frac{1}{2} \times \frac{1}{10}$ inch met een capaciteit van 64 woorden en een cycle time van 250 nsec [6]).

e. De dunnefilm geïntegreerde schakelingen

Daar waar micro-elektronische schakelingen hoge kwaliteits-

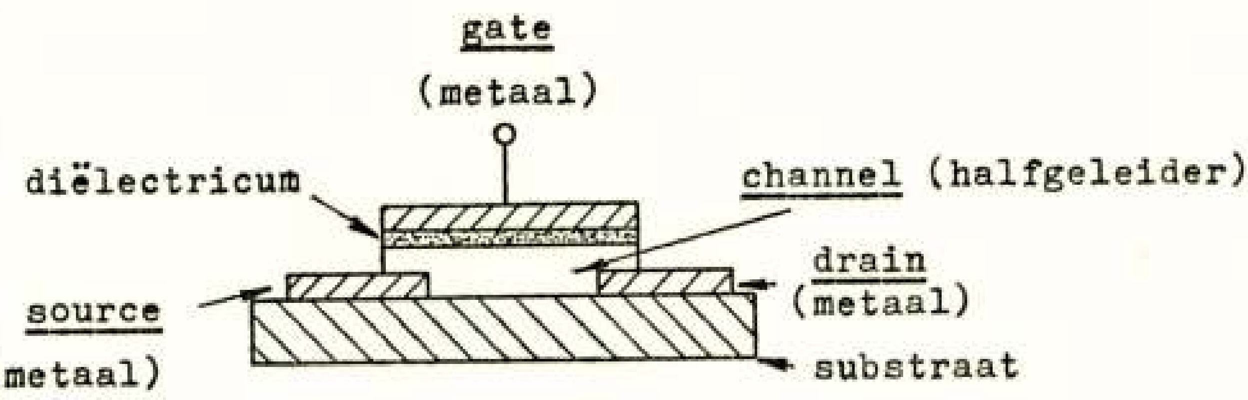


Fig. 6
Dunnefilmtriode

eisen stellen aan de passieve componenten, wordt veelal gebruik gemaakt van dunnefilmschakelingen. De waarden van weerstanden en capaciteiten bestrijken een groter gebied dan die van monolitische schakelingen, terwijl tevens hun toleranties kleiner zijn. Weerstanden hebben een goede frequentie-responsie als gevolg van hun lage zelfinductie en capaciteit. Bovendien is veelal een hogere dissipatie mogelijk. Capaciteiten hebben een lagere verliesfactor dan die van monolitische schakelingen en zijn bovendien spanningsonafhankelijk. Toepassingen van dunnefilmschakelingen liggen dan ook in hoofdzaak op het gebied van weerstandsladdernetwerken en RC-filters. Voor schakelingen waar kleine zelfinducties van hoge kwaliteit worden vereist, biedt de dunnefilmschakeling eveneens uitkomst. In tegenstelling tot de monolitische schakeling zijn de componenten bij de dunnefilmschakeling zowel galvanisch als capacitief ten opzichte van elkaar geïsoleerd. Voor kleine aantallen is daarnaast de produktie van dunnefilmschakelingen goedkoper dan van monolitische schakelingen. Als belangrijkste nadelen staan hier tegenover: de grotere afmetingen en het nog niet kunnen vervaardigen van aktieve componenten. Echter, de recente ontwikkeling van bv. de "thin film triode" (TFT), zoals eerder genoemd, zal zeer waarschijnlijk een breder toepassingsgebied voor de dunnefilmschakeling mogelijk maken.

Wordt vervolgd.

LITERATUUR

1) „Applications of micro-electronics", IEE Conference Publication No. 14. Symposium held at the University of Southampton 21-23 september 1965.

2) I. W. Nickerson and R. Moseson, „Application of low energy sputtering for thin film deposition". Semi Conductor Products, Solid State Technology. December 1964.

3) S. J. Lins and P. E. Obery, „Automatic deposition control" in „Microelectronic circuits and application", Ed. by I. M. Carroll, page 175. New York, McGraw-Hill. 1965.

4) S. N. Levine, „Principles of solid state microelectronics", page 164. New York, Holt, Rinehart & Winston. 1963.

5) G. W. A. Dummer and I. W. Granville, „Miniature and microminiature electronics", page 194. Londen, Pitman. 1961.

6) M. Bialer and A. Hastbacha, „Chips are down in new way to build large microsystems", Electronics, *38* (1965) nr. 20, oktober 4, p.p. 102-109.

7) R. M. Warner, „Integrated circuits". New York, McGraw-Hill. 1965.

8) J. Nishizawa and Y. Watanabe, „Semiconductor inductance diode". Proc. Intern. Solid State Circuit Conference 1960.

9) H. G. Dill, „Inductive semiconductor elements and their application in bandpass amplifiers". IRE trans. on military electronics. July 1961.

10) „RC active filter". Proc. IRE March 1955.

11) G. Herskowitz and R. Wyndrum, „Design of distributed RC feedback networks for bandpass amplifiers". SCP and Solid State Technology. Jan. 1964, p.p. 13-19.

12) C. T. Sah, „Characteristics of the metal oxyde semiconductor transistors". IEEE transactions on electron devices. July 1964, p.p. 324-345.

13) I. R. Barrelt and G. C. Gerhard, „Radiative interconnections of solid state circuit arrays".
I. D. Merryman, „An optically-coupled digital integrated circuit". Digest of technical papers, 1965 International Solid State Circuits Conference of the IEEE and the University of Pennsylvania.

14) A. Gilleo and I. T. Last, „Optical coupling: new approach to microcircuit interconnections". Page 238 of „Microelectronic circuit and applications" by I. M. Carroll. New York, McGraw-Hill. 1965.

15) W. C. Hittingen and M. Sparks, „Micro-electronics". Scientific American, Nov. 1965, page 57.

16) D. E. Farinu and D. Trotter, „M.O.S. integrated circuits save space and money". Electronics, *38* nr. 20, oktober 4, 1965, p.p. 84-95.

17) I. Eimbinder, „The expanding market". Electronics, *38* nr. 20, oktober 4, 1965, p.p. 96-98.

18) Flagle, W. H. Huggins and R. H. Roy, „Operations research and systems engineering". London, Hopkins University Press, 1964.

19) H. Gunther Rudenberg, „Mikroelektronik, Technische und wirtschaftliche betrachtung". In „Mikroelektronik", vortträge der gleichnamigen Tagung der INEA vom 21 bis 23 Okt. 1964 in München.

20) T. D. Schlaback and D. K. Rider, „Printed and integrated circuitry", page 331. New York, McGraw-Hill, 1963.

Manuscript ontvangen 7 juli 1966.

CONGRESSEN E.D.

International solid-state circuits conference

The 1967 International Solid-State Circuits Conference, the 14th annual meeting, will be held on February 15, 16 and 17, 1967, in Philadelphia, Pa., on the campus of the University of Pennsylvania and at the Sheraton Hotel.

The conference, sponsored jointly by The Institute of Electrical and Electronics Engineers and the University of Pennsylvania, is a recognized international forum for the announcement of new circuits and applications of solid-state devices.

Since 1967 may be a year of extensive advances in system performance through the application of integrated circuits and large-scale integration, it is anticipated that a substantial portion of the conference will deal with the interdependence of system, circuit, and device design considerations. Papers not previously published or presented which describe significant contributions in the solid-state circuits or related fields are invited. Examples include, but are not restricted to:

System-circuit-device interdependence
Large-scale integration
Integrated circuits—linear, digital, and microwave
New devices, device applications, and characterization
Solid-state microwave amplification, oscillation, conversion, and control
Optoelectronics—signal generation, processing, transmission, and detection
Micropower circuits
Information processing, storage, display, and sensing
Linear signal processing by digital techniques
Power electronics—solid-state techniques for energy conversion and control
Solid-state transducers
Design for adverse environments—space, radiation, thermal, etc.
Design for reliability—redundancy and other techniques
Interconnection, power distribution, packaging, and testing
Computer-aided solid-state circuit design
Statistical solid-state circuit design

For further information contact: Mr. Lewis Winner, 152 West 42nd Street, New York, New York 10036.

Semiconductor Device Research

A Conference on Semiconductor Device Research well be held in Bad Nauheim (Federal Republic of Germany) in 1967, April 19 to 22. This conference is sponsored by the Region 8 of the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), the Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG), the Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) including the Nachrichtentechnische Gesellschaft im VDE (NTG).

Prospective authors for short papers (unpublished results - 15 minutes max.) are invited to submit eight copies of an abstract (10 lines) to Prof. Dr. W. J. Kleen, 8 München 8 (F. R. Germany), Balanstr. 73 until December 15, 1966. Authors will be notified of the Program Committee's decision in January 1967. Languages: English, French and German.

Topics and Invited Papers

Wednesday, April 19, Afternoon Session

Topic:	Effects using majority-carriers (avalanche-effect, Gunn-effect, Road-diode, hot electrons, plasma-effects)
Invited Paper:	H. Krömer, Palo Alto, Cal., USA "Negative Conductivity in Semiconductors"

Thursday, April 20, Morning Session

Topic:	Surface problems, field-controlled devices
Invited Papers:	E. Kooi, Eindhoven, Netherlands "The Surface Properties of Oxidized Silicon" G. Klein and H. Koelmans, Eindhoven, Netherlands "Active Thin Film Devices"

Thursday, April 20, Afternoon Session

Topic:	Piezo-electric semiconductor devices, including phonon interactions
Invited Paper:	C. F. Quate, Palo Alto, Cal., USA "Acoustic Wave Interactions at Microwave Frequencies in Piezoelectric Semiconductors"

Friday, April 21, Morning Session

Topic:	Semiconductor problems in power electronics (thyristor, thermoelectric phenomena)
Invited Paper:	E. Spenke, Pretzfeld, F. R. Germany "Einige Probleme aus der Physik der Leistungsgleichrichter und Thyristoren"

Friday, April 21, Afternoon Session

Topic:	Optoelectronic devices
Invited Paper:	R. W. Keyes, Yorktown Heights, N.Y., USA "Optoelectronic Devices"

Saturday, April 22, Morning Session

Topic:	Galvanomagnetic devices (Hall-effect, magnetoresistance)
Invited Paper:	H. Weiss, Erlangen, F. R. Germany "Galvanomagnetische Bauelemente".

Panel Sessions are scheduled for April 21, evening on the topics
Microwave generation and amplification
and MIS and thin film transistors.

The conference will follow the meeting of the Deutsche Physikalische Gesellschaft on Semiconductors, Metals and Magnetics, scheduled April 17 to 19, 1967 at the same place.

Prospective participants are requested to write to Dr.-Ing. H. H. Burghoff, German Section IEEE, 6 Frankfurt/Main 70 (F. R. Germany) Stresemann Allee 21, VDE-Haus, or to Dr. phil. K.-H. Riewe, DPG, 645 Hanau (F. R. Germany) Heraeusstr. 12-14.

The preliminary program will be mailed on request as soon as possible.

TENTOONSTELLINGEN E.D.

Funkausstellung Berlin 1967

Van 25 augustus tot 3 september 1967 zal in Berlijn de 25e „Funkausstellung" worden gehouden.

VARIA

Puls Code Modulatie

Door de Britse PTT is het besluit genomen, Puls Code Modulatie overdrachtsapparatuur te gebruiken bij de uitbreiding van het telefoonnet van Londen en omliggende plaatsen. Dit betekent, dat PCM, reeds in 1938 aangegeven door Alec Hurley Reeves en in een der laboratoria van de Britse ITT-vestiging Standard Telephones and Cables tot ontwikkeling gebracht, nu van het laboratoriumstadium overgaat tot de praktijktoepassing. Het was pas mogelijk, PCM als transportmedium praktisch toe te passen tegen aanvaardbare prijzen en afmetingen na het beschikbaar komen van transistoren en geïntegreerde schakelingen.

BOEKAANKONDIGINGEN

Instrumentele elektronica, door G. Klein en J. J. Zaalberg van Zelst. 489 blz., vele figuren. Philips Technische Bibliotheek, uitg. N.V. Uitgeversmaatschappij Centrex, Eindhoven, 1966. Prijs f 49,—.

Laser, Lichtverstärker und -oszillatoren, door Dieter Röss. 726 blz., 282 fig., 13 tabellen. Uitg. Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt/Main. 1966. Prijs DM 98,—.

UIT HET N.E.R.G.

Examencommissie

Het examen „Theoretische Elektronica" wordt niet meer afgenomen.

De benamingen „Radiotechnicus" en „Radiomonteur" zijn veranderd in „Elektronica-technicus" en „Elektronica-monteur".

Ledenmutaties

Nieuwe leden:

Ir. E. Kleihorst, 's-Gravelandseweg 628, Schiedam.
W. B. S. M. Kneefel, Joh. Molegraafstraat 18, Noordwijk.
A. J. de Kremer, Hyacinthstraat 2, Noordwijk.
K. Nienhuis, Borskilaan 3, Bloemendaal.
A. J. Sietsma, Gen. Bothastraat 30, Eindhoven.
Ir. P. C. van Soest, Lijsterbesstraat 22, Nuenen (N.B.).
J. van Staveren, Donker Curtiusstraat 16, Apeldoorn.
Ir. J. van Wijngaarden, Radioweg 5, Apeldoorn.

Voorgestelde leden:

Ir. F. H. Groen, Oude Vlijmenseweg 20, 's-Hertogenbosch.
Ir. E. Th. Simon, Schrobbelaarstraat 16D, Delft.
C. G. Wouters, Wantsnijdersgaarde 251, Den Haag.

Nieuwe adressen van leden:

Ir. A. van Brink, Berkenlaan 5, Son (N.B.).
Kltz. R. H. Kerkhoven, Gruttolaan 15, Leidschendam.
Ir. R. J. K. Schaaf, Govert Flinckstraat 5, Haaksbergen.
Ir. J. A. G. G. de Vries, Rembrandtlaan 10, Huizen (N.H.).
Ir. W. Werner, Rullen 2E, Gerwen (Gem. Nuenen N.B.).
Ir. N. B. J. Weyland, Van Poelgeestlaan 3, Leiderdorp.
Drs. J. Wieringa, Kometenlaan 114, Bilthoven.
Ir. M. Woerlee, Waalstraat 6, Alphen aan de Rijn.
Ir. P. van der Wurf, Bosboom Toussaintplein 271, Delft.

Bedankt als lid:

Ir. T. T. J. Jaspers, Boerhaavestraat 110, Apeldoorn.
Ir. J. L. Leistra, Lasondersingel 143, Enschede.
Ir. C. C. M. van Oerle, Glipperdreef 58, Heemstede.
Ir. G. Verkroost, Boutenslaan 32, Eindhoven.

Overleden:

D. Koffyberg, Stationsweg 64, Baarn.
Ir. J. D. H. van der Toorn, Van Bergenlaan 4, Wassenaar.

Dit nummer werd gedrukt 22 november 1966.